

論文2001-38SP-1-9

잡음에 강건한 주목 연산자의 구현과 효과적인 다중 물체 검출

(An Implementation of Noise-Tolerant Context-free Attention Operator and its Application to Efficient Multi-Object Detection)

朴 昶 俊 * , 曹 相 鉉 ** , 崔 興 文 **

(Chang-Joon Park, Sang-Hyun Cho, and Heung-Moon Choi)

요 약

본 논문에서는 잡음에 강건한 일반화 대칭 변환을 주목 연산자로 제안하고 이를 이용하여 크기와 형태가 다양한 물체들을 효과적으로 검출하였다. 기존의 주목 연산자와는 달리 두 화소의 명도변화의 크기와 대칭성 뿐만 아니라 방사(radial)방향 명도변화의 수렴 및 발산을 누적 대칭도에 반영시킴으로써 명도변화 방향의 일관된 수렴이나 발산이 없는 잡음 영역에 의한 대칭 기여도가 누적되지 않도록 하였다. 따라서 제안한 주목 연산자를 사용하면 잡음이 많고 복잡한 배경으로부터 물체만을 쉽게 검출할 수 있도록 하였다. 다양한 합성 영상(synthetic images)과 실영상(real images)에 대해 실험하여 잡음의 영향을 적게 받으며 효과적으로 다중 물체를 검출함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, a noise-tolerant generalized symmetry transform(NTGST) is proposed and implemented as a context-free attention operator for efficient detection of multi-object. In contrast to the conventional context-free attention operator based on the GST in which only the magnitude and the symmetry of the pixel pairs are taken into account, the proposed NTGST additionally takes into account the convergence and the divergence of the radial orientation of the intensity gradient of the pixel pair. Thus, the proposed attention operator can easily detect multiple objects out of the noisy and complex backgrounded image. Experiments are conducted on various synthetic and real images, and the proposed NTGST is proved to be effective in multi-object detection from the noisy and complex backgrounds.

I. 서 론

최근, 컴퓨터 비전이나 패턴 인식과 같은 영상처리

관련 연구에서 물체 인식은 그 응용 분야가 다양하여 많이 연구되어 왔다^[1-3]. 이와 같은 물체 인식을 위해서는 대상 물체에 대한 위치를 구하는 물체 검출이 선행되어야 하며 이와 관련된 연구가 많이 진행되고 있다^[4-6]. 특히 형태와 명도가 다양한 다중 물체를 효과적으로 검출하기 위해서 물체에 대한 사전 정보 없이도 그 내부점을 찾아서 물체의 위치를 구하는 주목 연산자(attention operator)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^[7-9].

* 正會員, 韓國電子通信研究院 映像處理研究部
(Image Processing Department, Electronics and Telecommunications Research Institute)

** 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部
(The School of Electronics and Electrical Engineering, Kyungpook National University)

接受日字:2000年5月8日, 수정완료일:2000年10月24日

Reisfeld 등^[7]은 일반화 대칭 변환(generalized sy-

mmetry transform: GST)을 주목 연산자로 제안하고 대상에 대한 사전 정보 없이도 물체, 사람의 얼굴, 얼굴 내의 눈, 입 등의 관심 영역(region of interest)을 검출하였다. 그러나, 각 화소의 명도변화 크기(magnitude of the intensity gradient)와 명도변화 방향(orientation of the intensity gradient)의 대칭성만을 고려하여 대칭 기여도(symmetry contribution)를 계속 누적하므로 물체에 의한 대칭 기여도뿐만 아니라 잡음에 의한 대칭 기여도도 계속 누적하기 때문에, 잡음의 영향을 줄이기 위해서는 대칭 마스크의 크기를 물체의 크기에 한정하여 사용하여야 한다. 허 등^[8]은 RBFN(radial basis function network)을 변형하여 GST를 구현한 후, 피라미드(pyramid) 구조화된 입력 영상에 적용하여 물체간의 대칭성과 잡음의 영향을 적게 받는 다중 물체 검출자를 제안하였다. 이 때 RBFN에서는 방사 방향으로 설정된 은닉층 중심 벡터로 인해 방사 방향의 명도변화 방향에 대해서만 대칭 기여도를 누적하므로 잡음의 영향을 적게 받지만 원형 이외의 물체에 대해서는 기존 GST를 사용할 때보다 그 대칭 기여도가 낮게 반영된다. 한편, 구 등^[9]은 RBFN을 변형하여 GST를 변형 구현하고 물체 검출과 동시에 물체의 에지 성분을 강조하도록 함으로써 다중 물체 분할에 이용하였다. 그러나, 명도변화 방향에 대해 균일한 대칭성을 갖도록 구현하고 대칭 기여도를 계속 누적하기 때문에 잡음에 의한 대칭 기여도도 누적되는 현상이 있다. 따라서, 효과적인 다중 물체 검출을 위해서는 잡음에 의한 대칭 기여도가 누적되지 않으면서도 다양한 형태의 물체에 대해서도 그 물체의 대칭성을 잘 부각할 수 있는 주목 연산자를 구현하여 영상 피라미드와 다중 크기의 마스크를 사용하지 않고 단일 크기의 마스크만으로도 다중 물체를 효과적으로 검출할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 잡음에 강건한 일반화 대칭 변환(noise tolerant GST: NTGST)을 주목 연산자로 제안하고 이를 이용하여 크기와 형태가 다양한 물체를 효과적으로 검출할 수 있도록 하였다. 제안한 NTGST에서는 명도변화의 크기와 대칭성뿐만 아니라, 대칭점에 대한 화소의 명도변화 방향의 수렴과 발산에 따라 대칭도를 증감시킴으로써 명도변화 방향의 일관된 수렴이나 발산이 없는 잡음 영역에 의한 대칭 기여도가 누적되지 않도록 하였고, 일관된 수렴 또는 발산이 존재하는 물체 영역의 대칭 기여도만 계속 누적되도록 하

여 잡음에 강건하도록 하였다. 또한, 방사 방향뿐만 아니라 접선(tangential) 방향에 의한 대칭성도 같이 반영함으로써 원형뿐만 아니라 여러 형태 물체의 대칭성이 잘 부각되도록 하였다. 다양한 합성 영상(synthetic image)과 실영상(real image)에 대해 시뮬레이션 하여 제안한 다중 물체 검출 방법의 타당성과 성능을 검토 고찰하였다.

II. NTGST 주목 연산자의 제안과 효과적인 다중 물체 검출

대상 물체의 크기나 모양 등의 사전 정보를 가지고 다중 물체를 검출할 경우에는 각 물체들을 공통적으로 표현할 수 있는 특징을 정의하여 물체를 검출하거나, 각 물체들의 형태에 대한 사전 정보의 반복 검색으로 물체를 검출하기 때문에 검출 대상 물체의 종류가 증가하면 반복 처리에 따른 처리 복잡도와 처리 시간이 증대되어 다중 물체 검출에 적용하기가 어렵다^[2]. 따라서, 다중 물체 검출에서는 물체에 대한 구체적 사전 정보 없이 물체가 갖는 일반적 특징을 이용하여 다중 물체를 검출할 수 있는 주목 연산자^[1-3]가 더 효과적이다. 주목 연산자는 우리가 관심을 갖는 대상 물체(object)가 대체적으로 대칭성이 강하다는 특징에 근거하여 영상 내에서 대칭성이 강한 부분을 부각시킴으로써 물체를 검출한다. 그러나, 기존의 주목 연산자는 영상 내에서 대칭성이 강한 부분을 부각시키기 위하여 화소들의 명도변화 크기와 방향의 대칭성만을 고려하여 계속 누적하기 때문에, 검출하고자 하는 물체 이외에도 화소의 명도변화 방향의 대칭성이 강한 규칙적인 배경 무늬나 풀밭과 같은 불규칙한 배경 잡음에 의한 대칭 기여도도 계속 누적되어 물체 검출에 어려움이 있다.

본 논문에서는 물체 영역과 잡음 영역에서의 화소 명도변화 방향의 수렴과 발산 특성도 대칭 기여도에 반영함으로써 잡음에 대해 강건하며 단일 크기의 마스크 크로도 여러 크기의 물체를 검출할 수 있는 NTGST를 제안하고, 이를 주목 연산자로 이용하여 다중 물체를 효과적으로 검출하였다. 제안한 다중 물체 검출 알고리즘은 그림 1과 같다. 먼저, 입력된 영상에 경사 연산자(gradient operator)를 사용하여 대칭 변환에 필요한 각 화소의 명도변화의 크기와 방향을 구하였다. 그리고, NTGST를 이용하여 각 화소 쌍들의 대칭점에 대한 대칭 기여도(symmetry contribution)를 누적하여 대칭도

맵(symmetry magnitude map)을 구한 다음 대칭도 점 두 위치를 구하여 물체를 검출하였다.

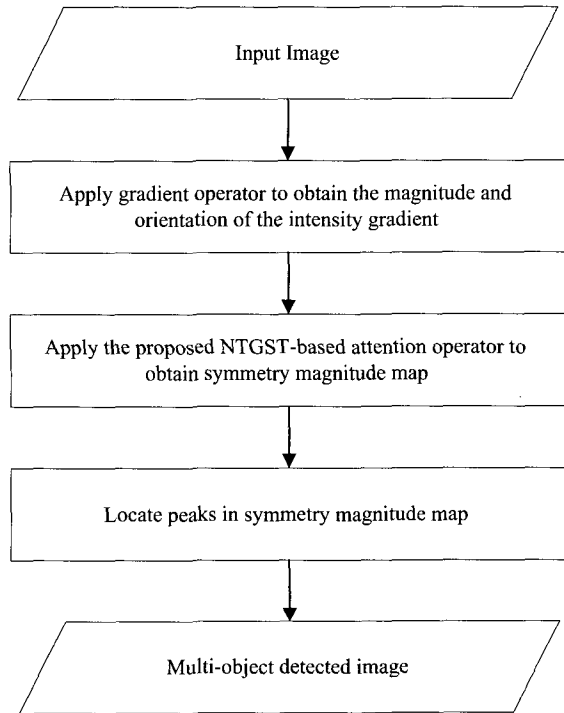


그림 1. 제안한 다중 물체 검출 알고리즘의 흐름도
Fig. 1. Flow chart for the proposed multi-object detection algorithm.

1. NTGST 주목 연산자의 제안

NTGST는 일정 영역 안에 있는 화소들에 대해 각 화소의 명도변화 크기와 방사 방향뿐만 아니라 접선 방향에 대한 대칭성 및 그 수렴과 발산을 고려하여 화소 쌍들의 대칭점에 대한 대칭 기여도를 누적함으로써 잡음의 영향을 적게 받으며 영상 내에서 물체가 존재하는 영역을 부각시키도록 하였다. 먼저, 그림 2에서와 같이 각 화소의 명도변화의 크기 r_k 와 그 방향 θ_k 를 각각

$$r_k = \|\nabla g_k\|, \tag{1}$$

$$\theta_k = \arctan\left(-\frac{\partial g_k}{\partial y} / \frac{\partial g_k}{\partial x}\right) \tag{2}$$

로 정의하였다. 식에서 g_k 는 위치 (x_k, y_k) 에서의 화소 p_k 의 명도(gray level, intensity)를 의미하고, ∇g_k 는 화소의 명도변화(intensity gradient)로서 경사 연산자^[10]

를 이용하여

$$\nabla g_k = \left(-\frac{\partial g_k}{\partial x}, \frac{\partial g_k}{\partial y}\right) \tag{3}$$

로 구한다. 명도변화 크기 r_k 를 식 (1)과 같이 명도변화에 정비례하도록 정의하면 $\log(1+\|\nabla g_k\|)$ 로 정의된 기존 GST^[7]에서와는 달리 물체의 중요한 정보가 되는 에지에 의한 대칭 기여도가 더 많이 반영될 수 있다.

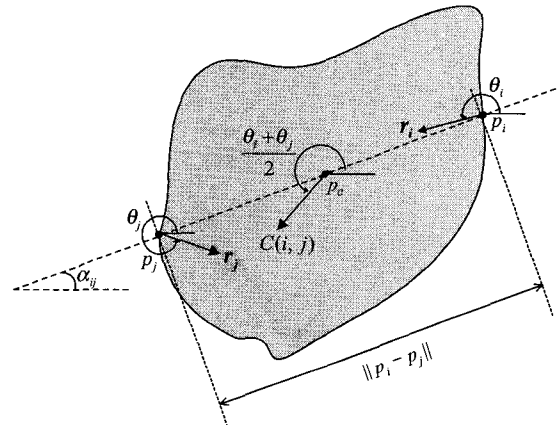


그림 2. 대칭 화소 쌍에 의한 대칭 기여도
Fig. 2. The symmetry contribution by symmetry pixel pair.

그리고 두 화소의 명도변화 방향의 대칭성을 부각시키며 그림 3에 나타낸 바와 같은 수렴과 발산을 구분할 수 있는 위상 가중 함수(phase weight function) $P(i, j)$ 를

$$P(i, j) = \sin\left(\frac{\theta_j + \theta_i}{2} - \alpha_{ij}\right) \times \sin\left(\frac{\theta_j - \theta_i}{2}\right) \tag{4}$$

와 같이 정의하였다. 식에서 α_{ij} 는 그림 2에서 보는 바와 같이 화소 p_i 와 p_j 를 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도를 의미한다.

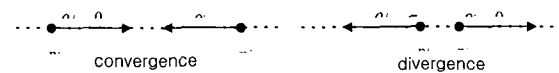


그림 3. 두 화소의 명도변화 방향의 수렴과 발산
Fig. 3. The convergence and the divergence of the orientation of two pixels' intensity gradient.

위상 가중함수 $P(i, j)$ 를 식 (4)와 같이 정의하면, 그림 3 및 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 두 화소의 명도 변화 방향이 수렴하면 $P(i, j)$ 는 음극성(-)을 가지며, 발산하면 양극성(+)을 갖는다. 두 화소의 명도 변화 방향이 완전히 마주보는 방향일 때 음의 최저값을 가지며, 완전히 반대 방향으로 향할 때 양의 최고값을 가진다. 그리고, $\theta_i = \theta_j$ 혹은 $\theta_i + \theta_j = 2\pi$ 와 같이 명도 변화 방향의 대칭성이 완전히 없을 때는 0의 값을 가진다. 따라서, 두 화소의 명도 변화 방향의 수렴과 발산을 구분하면서도 대칭성을 잘 측정할 수 있다. 기존 GST^[7]의 위상 가중 함수는 그림 4(b)에서 보는 바와 같이 양의 값

만을 가지는 여현 함수로 정의되기 때문에 두 화소의 명도 변화 방향의 수렴과 발산을 구분하지 않고 대칭성만을 부각시킨다.

또한, 그림 4 (a)와 (b)에서 보는 바와 같이 NTGST는 기존 GST^[7]처럼 방사 방향뿐만 아니라 접선 방향에 의한 명도 변화의 대칭성도 반영한다. 따라서, 다양한 형태의 물체의 대칭성도 잘 부각할 수 있다.

그리고, 두 화소간의 거리가 가까울수록 큰 값을 갖도록 하는 거리 가중 함수(distance weight function) $D_\sigma(i, j)$ 를

$$D_\sigma(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma}\right) \quad (5)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 σ 는 대칭 변환할 영역의 크기를 나타낸다. 지금까지 언급한 화소의 명도 변화 크기와 위상 가중 함수 및 거리 가중 함수를 이용하여 두 화소의 대칭 정도를 나타내는 대칭 기여도 $C(i, j)$ 를

$$C(i, j) = D_\sigma(i, j)P(i, j)r_i r_j \quad (6)$$

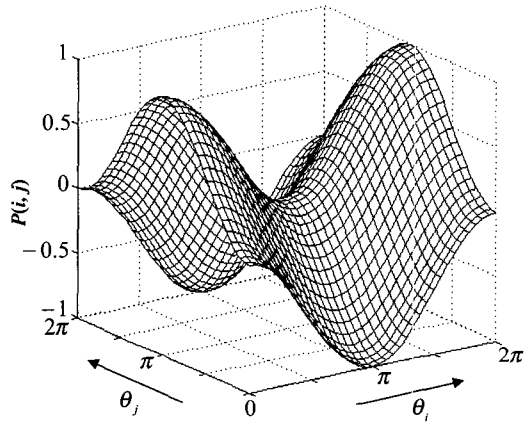
와 같이 구하였다. 따라서, 두 화소의 거리가 가까울수록, 명도 변화 방향이 대칭일수록, 명도 변화 크기가 클수록 큰 대칭 기여도가 나타나게 된다. 이때, 두 화소의 명도 변화 방향이 수렴하면 음극성을 가지며 발산하면 양극성을 가진다. 이와 같이 구해지는 대칭 기여도를

$$\Gamma(p) = \left\{ (i, j) \mid \frac{p_i + p_j}{2} = p \right\} \quad (7)$$

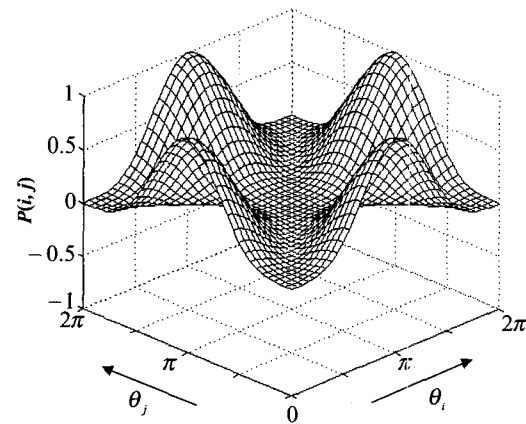
로 정의되는 대칭 화소 집합의 중심 위치의 화소 p 에 대해 누적하면 대칭 정도를 의미하는 대칭도 $M_\sigma(p)$ 를

$$M_\sigma(p) = \sum_{(i, j) \in \Gamma(p)} C(i, j) \quad (8)$$

와 같이 구할 수 있다. 물체가 존재하는 영역에서는 대칭성이 강하며 일관된 명도 변화 방향의 수렴 또는 발산이 존재하므로 식 (8)을 통해 한 가지 극성으로 대칭 기여도가 계속 누적된다. 또한, 잡음 영역에서는 명도 변화 방향의 일관된 수렴 또는 발산이 존재하지 않으므로 식 (8)을 통해 극성이 다른 대칭 기여도는 서로 상쇄된다. 따라서, 잡음의 영향을 적게 받으며 물체에 의한 대칭 기여도만을 누적하여 물체를 검출할 수 있게



(a)



(b)

그림 4. 위상 가중 함수의 응답 (a) NTGST (b) 기존 GST

Fig. 4. The response of the phase weight function of (a) the NTGST and (b) the conventional GST.

한다. 그러나, 기존 GST는 명도변화의 수렴과 발산을 구분하지 않기 때문에, 물체에 의한 대칭 기여도뿐만 아니라 잡음에 의한 대칭 기여도도 계속 누적되어 잡음이 많이 있는 경우에는 물체 검출이 어렵게 된다. 특히, 대칭 마스크의 크기를 크게 할수록 잡음에 의한 영향을 많이 받게 되므로 검출 대상 물체의 크기를 모를 경우에는 적정 마스크 크기를 결정하는 데에 어려움이 따른다.

2. NTGST 주목연산자를 이용한 효과적인 다중 물체 검출

NTGST를 영상에 적용하면 잡음에 의한 대칭 기여도가 거의 누적되지 않고 물체에 의한 대칭 기여도만 계속 누적된다. 이러한 현상은 물체 영역과 잡음 영역에서의 화소의 명도변화 방향을 나타낸 그림 5를 통해 잘 확인 할 수 있다.

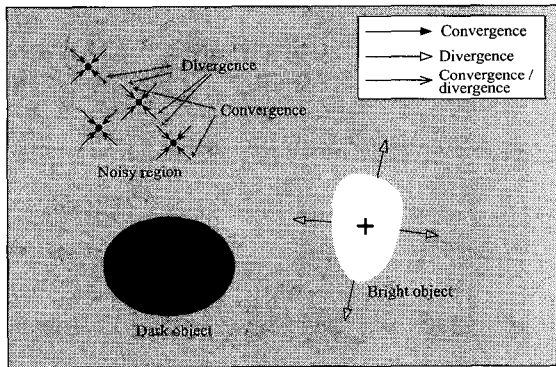


그림 5. 물체 및 잡음 영역에서의 화소의 명도변화 방향

Fig. 5. The orientation of the intensity gradient in the object and noisy region.

그림에서 D는 배경보다 어두운 물체로서 화소의 명도변화 방향이 물체의 내부로 수렴하는 방향이고, B는 배경보다 밝은 물체로서 그 명도변화가 물체 외부로 발산하는 방향이다. 이와 같이 물체가 존재하는 영역에 대해 NTGST를 적용하게 되면 배경보다 어두운 물체의 경우에는 음극성의 대칭 기여도가 계속 누적되고, 배경보다 밝은 물체의 경우에는 양극성의 대칭 기여도가 계속 누적된다. 따라서, 물체가 존재하는 영역에서는 한 가지 극성으로 높은 대칭도가 형성된다. 한편, N은 잡음 영역으로 화소의 명도변화 방향의 일관된 수렴과 발산이 없다. 즉, 두 화소의 명도변화 방향을 예로 볼 때 수렴과 발산이 반복적으로 나타나게 된다. 이와 같

은 영역에 대해 NTGST를 적용하면 수렴과 발산에 따라 서로 다른 극성의 대칭 기여도가 형성되며 이들은 서로 상쇄되어 대칭도가 누적되지 않는다.

따라서, NTGST를 적용하면 잡음의 영향을 적게 받으면서 물체를 검출할 수 있으므로 검출 대상 물체의 크기를 모르는 경우에도 주목 연산자의 마스크 크기를 크게 한 가지로 설정하여 다양한 크기의 물체들을 동시에 검출할 수 있다. 그러므로, 영상 피라미드 기법과 다중크기의 마스크를 도입하지 않고도 크기와 형태가 다양한 여러 물체를 단일 마스크로 동시 검출할 수 있으므로 효과적인 물체 검출이 가능하다.

III. 실험 및 결과 고찰

NTGST를 이용한 다중 물체 검출 방법의 타당성과 성능을 확인하기 위하여 CCD 카메라를 이용해서 입력 받은 여러 물체가 혼재하는 영상에 대해 실험하였다. 제안한 방법에서는 입력된 영상에 대해 경사 연산자를

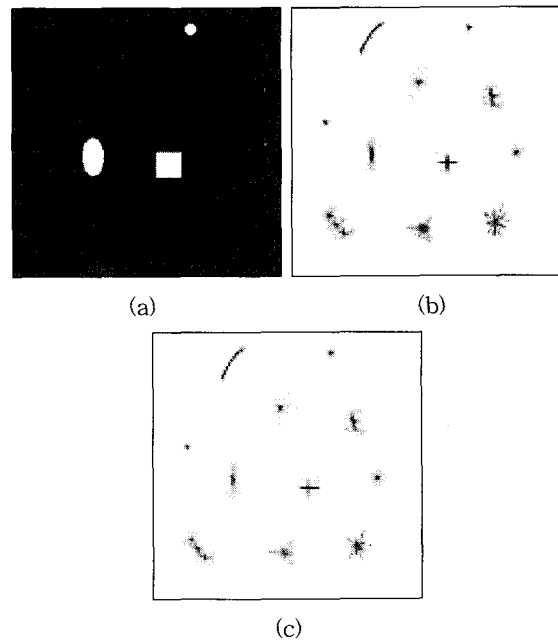
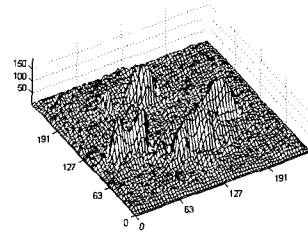
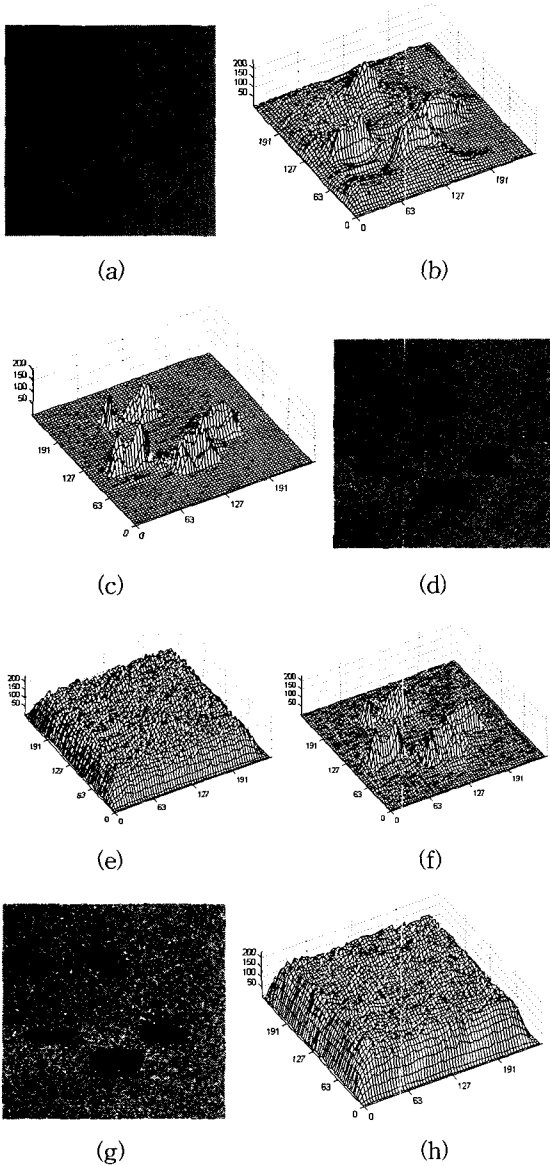


그림 6. 여러 물체에 대한 실험비교: (a) 원영상 (b) 기존 GST 적용 결과 및 (c) NTGST 적용 결과

Fig. 6. Comparison of the conventional GST with the NTGST: (a) The original image with various polygons, (b) the result of the conventional GST, and (c) the result of the NTGST.

사용하여 각 화소의 명도변화의 크기와 방향을 구한 후, NTGST를 적용하여 대칭도 맵을 구함으로써 다중 물체를 검출하였다. 먼저, 마스크 크기를 모든 물체가 포함될 수 있는 49×49로 설정하고 실험해 봤다. NTGST가 다양한 형태의 물체의 대칭성을 잘 반영하는지 확인하기 위해 그림 6과 같이 여러 가지 도형을 포함한 영상에 대해 먼저 실험하였다.

그림에서 보듯이 NTGST는 다양한 형태의 물체들에 대한 대칭성을 잘 부각시킬 수 있음을 알 수 있다. 한편, 그림 7에는 30% 및 50% 가우스 잡음이 첨가된 영상에 대한 실험결과를 기존 GST와 비교하였다.



(i)

그림 7. 가우스 잡음이 있는 영상에 대한 결과 비교 (a), (b), (c): 원영상, 기존 GST 적용 결과 및 NTGST의 적용 결과, (d), (e), (f); 30% 가우스 잡음이 첨가된 영상, 기존 GST 적용 결과 및 NTGST의 적용 결과, (g), (h), (i); 50% 가우스 잡음이 첨가된 영상, 기존 GST 적용 결과 및 NTGST의 적용 결과

Fig. 7. Comparison of the result for the noise-free or Gaussian noisy image: (a), (b), (c): The original image, the result of the conventional GST, and that of the NTGST; (d), (e), (f); the image with 30% Gaussian noise, the result of the conventional GST, and that of the NTGST; (g), (h), (i); the image with 50% Gaussian noise, the result of the conventional GST, and that of the NTGST.

그림 7의 (b), (e) 및 (h)를 보면 기존 GST를 적용할 경우에는 잡음이 많아질수록 잡음의 영향이 누적되어 물체 검출이 점차 어려워지는 반면, 그림 7의 (c), (f), (i)에서 보듯이 NTGST를 적용할 경우에는 잡음의 영향을 억제하여 잡음이 많아져도 변함없이 물체 검출이 훨씬 용이함을 알 수 있다. 그림 8에는 배경 풀발에 강아지가 있는 실영상에 대해 마스크 크기를 달리 적용한 결과를 나타내었다.

그림 8 (b)와 (d)를 보면 기존 GST를 적용할 때에는 배경 풀발의 잡음으로 인해 강아지가 존재하는 영역보다 배경 잡음 영역에서 더 높은 대칭도가 형성됨을 알 수 있다. 따라서, 기존 GST는 잡음에 의한 대칭 기여도를 상쇄시킬 수 없기 때문에 잡음이 많이 존재하는 영상에서는 물체 검출이 어렵게 된다는 것을 알 수 있다. 한편, 그림 8 (c)와 (e)를 보면 NTGST를 적용하면 배경 잡음의 영향을 적게 받으며 물체를 잘 검출할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 그림 8 (e)에서와 같이 마스크 크기를 네 배로 크게 하더라도 배경 잡음의 영향을 적게 받으며, 그림 8 (c)의 47×47 마스크를 썼을 때와 동일한 물체 검출 결과를 얻을 수 있음을 알 수

있다. 따라서, NTGST는 잡음에 강건하므로 검출 대상 물체의 크기를 모르는 경우에도 단일 마스크로 그 크기를 크게 설정하여 입력 영상에 적용할 수 있으므로 기존 GST보다 좀 더 일반화된 다중 물체 검출이 가능함을 알 수 있다.

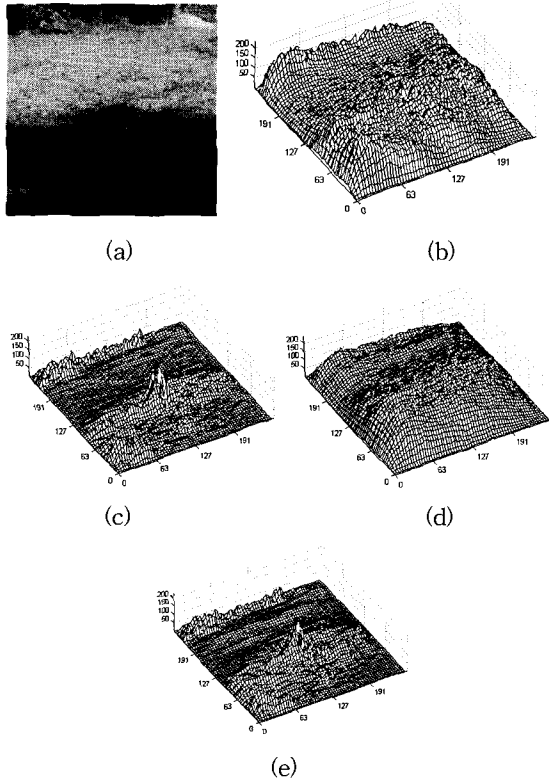


그림 8. 마스크 크기 변화에 대한 결과 비교 (a) 풀밭에 강아지가 있는 실영상 (b), (c); 49×49 마스크 크기의 기존 GST 적용 결과와 NTGST 적용 결과, (d), (e); 97×97 마스크 일때의 기존 GST 결과와 NTGST의 적용 결과

Fig. 8. Comparison of the results for the mask size variation: (a) Real image with a puppy on the grass, (b), (c); results of the conventional GST and that of the NTGST for 49×49 mask, (d), (e); results of the conventional GST and that of the NTGST for 97×97 mask.

IV. 결론

본 논문에서는 잡음에 강건한 주목 연산자를 제안하고 이를 이용하여 크기와 형태가 다양한 물체를 효과적으로 검출할 수 있도록 하였다. 우선 다양한 형태의 도형을 포함한 영상에 대한 실험을 통하여 기본적으로

기존 GST처럼 여러 형태 물체의 대칭성을 잘 부각할 수 있음을 확인하였다. 또한, 가우스 잡음을 첨가한 영상과 실제 영상에 대한 실험과 마스크 크기를 바꿔가며 실험하여 마스크 크기나 잡음에 대해 큰 영향을 받지 않고 단일 마스크로 다중 물체를 효과적으로 검출할 수 있음을 확인하였다. 이와 같이 여러 형태 물체의 대칭성이 잘 부각되고 잡음에 강건하도록 주목 연산자를 구현함으로써 검출 대상 물체의 크기와 형태 등의 사전 정보 없이도 배경 잡음이 많은 실영상에서 단일 마스크로 다중 물체를 효과적으로 검출할 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Z. Yao, M. Wu, G. Jin, G. Huang, and Y. Yan, "New optoelectronic morphological scheme for multiple-object recognition," *Optical Engineering*, vol. 33, no. 11, pp. 3727-3732, Nov. 1994.
- [2] S. D. You, "Preprocessing network for multiple objects," *IEEE International Conference on Neural Networks*, pp. 4149-4153, Orlando, USA, 1994.
- [3] R. J. Liou and M. R. Azimi-Sadjadi, "Multiple target detection and track identification using modified high order correlations," *IEEE International Conference on Neural Networks*, pp. 3277-3282, Orlando, USA, 1994.
- [4] F. Goudail and P. Réfrégier, "Optimal detection of a target with random gray levels on a spatially disjoint background noise," *Optics Letters*, vol. 21, no. 7, pp. 495-497, April 1996.
- [5] S. Ghosal and D. C. McKee, "Target detection in foveal ATR systems," *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 714-719, San Francisco, California, 1996.
- [6] M. M. Trivedi and C. Chen, "Object detection by step-wise analysis of spectral, spatial, and topographic features," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 51, no. 3, pp. 235-255, Sep. 1990.

- [7] D. Reissfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free attentional operators: The generalized symmetry transform," *International Journal of Computer Vision*, vol. 14, pp. 119-130, 1995.
- [8] 허연주, 박창준, 최홍문, "다중 물체 검출을 위한 관심 영역 추출자의 신경망 구현," 대한전자공학회 논문지, 제 34권 C 편, 제 9호, pp. 93-101, Sep. 1997
- [9] 구탁모, 전준형, 최홍문, "일반화 대칭변환을 변형한 관심 연산자에 의한 사전 정보없는 다중 물체 분할," 대한전자공학회논문지, 제 34권 C 편, 제 4호, pp. 36-44, April 1997
- [10] I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall, New York, 1993.

 저 자 소 개

朴 飛 俊(正會員) 第 33卷 B編 第 2號 參照
 현재 한국전자통신연구원 영상처리연구부 근무

崔 興 文(正會員) 第 36卷 B編 第 11號 參照
 현재 경북대학교 전자전기공학부 교수

曹 相 鉉(正會員) 第 36卷 S編 第 12號 參照
 현재 경북대학교 전자전기공학부 박사과정